

PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11)Publication number : 2003-174794

(43)Date of publication of application : 20.06.2003

(51)Int.Cl.

H02P 6/18

H02K 1/27

H02P 6/10

(21)Application number : 2001-369902

(71)Applicant : DAIKIN IND LTD

(22)Date of filing : 04.12.2001

(72)Inventor : YAMAGIWA AKIO

AOTA KEIJI

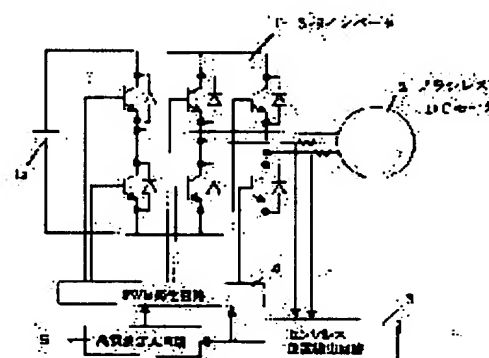
OYAMA KAZUNOBU

(54) METHOD OF DRIVING BRUSHLESS DC MOTOR AND ITS DEVICE

(57)Abstract:

PROBLEM TO BE SOLVED: To reduce electromagnetic force vibration and noise surely and enough.

SOLUTION: This device has a brushless DC motor 2 which is supplied with a drive current from a three-phase inverter circuit 1b, a sensorless position detecting circuit 3 which receives the input of a drive current for two phases and detects the rotational position of the rotor of the brushless DC motor 2, a PWM generating circuit 4 which receives the input of the positional detection signal outputted from the sensorless position detecting circuit 3, performs PWM control calculation and outputs a PWM control signal so as to PWM-operate the three-phase inverter circuit 1b, and a higher harmonic injection circuit 5 which receives the input of the positional detection signal outputted from the sensorless position detecting circuit 3 and injects a higher harmonic component current.



LEGAL STATUS

[Date of request for examination]

31.10.2003

[Date of sending the examiner's decision of rejection]

[Kind of final disposal of application other than the examiner's decision of rejection or application converted registration]

[Date of final disposal for application]

[Patent number]

3690341

[Date of registration]

24.06.2005

[Number of appeal against examiner's decision of rejection]

[Date of requesting appeal against examiner's decision of rejection]

[Date of extinction of right]

* NOTICES *

JPO and NCIP are not responsible for any damages caused by the use of this translation.

1. This document has been translated by computer. So the translation may not reflect the original precisely.
2. **** shows the word which can not be translated.
3. In the drawings, any words are not translated.

CLAIMS

[Claim(s)]

[Claim 1] The brushless DC motor drive approach characterized by pouring in the harmonic content current which is not directly related to the degree of the noise component which is the approach of driving a brushless DC motor (2) by supplying a drive current from a power unit (1b), and serves as a candidate for reduction.

[Claim 2] The brushless DC motor drive approach characterized by pouring in the higher-harmonic-wave current of a different degree to the drive current which is the approach of driving a brushless DC motor (2) by supplying a drive current from a power unit (1b), and contains the harmonic content of a predetermined degree.

[Claim 3] The degree of said higher-harmonic-wave current to pour in is the brushless DC motor drive approach according to claim 2 which is at least one degree.

[Claim 4] The brushless DC motor drive approach which is an approach of driving a brushless DC motor (2) by supplying a drive current from a power unit (1b), and is characterized by pouring in the 7th higher-harmonic-wave current of a fundamental wave to a drive current.

[Claim 5] The brushless DC motor drive approach according to claim 4 of setting up the amount of the 7th higher-harmonic-wave current poured in by 0.05 to 0.20 times the fundamental wave.

[Claim 6] The brushless DC motor drive approach given in any of claim 1 to claim 5 which detects the rotation location of the rotator of a brushless DC motor (2) from a motor neutral point signal, and supplies a drive current to a brushless DC motor (2) from a power unit (1b) based on the detected rotation location they are.

[Claim 7] The brushless DC motor drive approach given in any of claim 1 to claim 5 which detects the rotation location of the rotator of a brushless DC motor (2) from the stator applied voltage of a brushless DC motor (2), a motor current, and the device constant of a brushless DC motor (2), and supplies a drive current to a brushless DC motor (2) from a power unit (1b) based on the detected rotation location they are.

[Claim 8] The brushless DC motor driving gear characterized by including a harmonic content current impregnation means (5) to pour in the harmonic content current which is not directly related to the degree of the noise component which is equipment which drives a brushless DC motor (2) by supplying a drive current from a power unit (1b), and serves as a candidate for reduction.

[Claim 9] The brushless DC motor driving gear characterized by including a higher-harmonic-wave current impregnation means (5) to pour in the higher-harmonic-wave current of a different degree to the drive current which is equipment which drives a brushless DC motor (2) by supplying a drive current from a power unit (1b), and contains the harmonic content of a predetermined degree.

[Claim 10] The degree of said higher-harmonic-wave current to pour in is a brushless DC motor driving gear according to claim 9 which is at least one degree.

[Claim 11] The brushless DC motor driving gear characterized by including a 7th higher-harmonic-wave current impregnation means (5) to drive a brushless DC motor (2) by supplying a drive current from a power unit (1b) and to be equipment and to pour in the 7th higher-harmonic-wave current of a fundamental wave to a drive current.

[Claim 12] Said 7th higher-harmonic current impregnation means (5) is a brushless DC motor driving gear according to claim 11 which is what sets up the amount of the 7th higher-harmonic current poured in by 0.05 to 0.20 times the fundamental wave.

[Claim 13] Said brushless DC motor (2) is a brushless DC motor driving gear given in any of claim 8 to

claim 12 which is what has the rotator which comes to embed a permanent magnet inside they are.

[Claim 14] Said brushless DC motor (2) is a brushless DC motor driving gear given in any of claim 8 to claim 10 which is what has the stator of the concentrated-winding mold which coils and comes to carry out the time of the direct coil to a tooth part they are.

[Claim 15] Said brushless DC motor (2) is what has the stator of a $3 \times N$ (N is even number) slot, and the rotator of a $2 \times N$ pole. It replaces with a harmonic content current impregnation means (5) higher-harmonic current impregnation means (5). $N \times K$ (K is one or more integers) -- the brushless DC motor driving gear according to claim 14 which adopts a current impregnation means (5) to pour in the current which includes the higher-harmonic current of degrees other than primary [**] $N \times K$ that the following higher-harmonic noise should be reduced.

[Claim 16] Said brushless DC motor (2) is a brushless DC motor driving gear according to claim 15 which is what has the stator of six slots, and the rotator of four poles, and adopts what pours in the current which includes the higher-harmonic current of degrees other than [$2K$] primary that said current impregnation means (5) should reduce the higher-harmonic noise of $2K$ (K is one or more integers) degree.

[Claim 17] A brushless DC motor driving gear given in any of claim 8 to claim 16 which detects the rotation location of the rotator of a brushless DC motor from a motor neutral point signal, and includes further a power control means (3a) (3b) (3c) (6) to control a power unit (1b) that a drive current should be supplied to a brushless DC motor, from a power unit based on the detected rotation location they are.

[Claim 18] The rotation location of the rotator of a brushless DC motor (2) is detected from the stator applied voltage of a brushless DC motor (2), a motor current, and the device constant of a brushless DC motor (2). It is based on the detected rotation location. A power unit A brushless DC motor driving gear given in any of claim 8 to claim 16 which contains further in a brushless DC motor (2) a power control means (33) to control a power unit (1b) that a drive current should be supplied, (34), (35), and (36) from (1b) they are.

[Claim 19] Said brushless DC motor (2) is a brushless DC motor driving gear given in any of claim 8 to claim 18 which is what drives the compressor for freezers, or the compressor for air conditioners they are.

[Translation done.]

* NOTICES *

JPO and NCIP are not responsible for any damages caused by the use of this translation.

1.This document has been translated by computer. So the translation may not reflect the original precisely.

2.**** shows the word which can not be translated.

3.In the drawings, any words are not translated.

DETAILED DESCRIPTION

[Detailed Description of the Invention]

[0001]

[Field of the Invention] This invention relates to the method of driving a brushless DC motor, and its equipment by supplying a drive current from a power unit.

[0002]

[Description of the Prior Art] From the former, adopting a brushless DC motor as a rotation driving source in various fields is being proposed and put in practical use paying attention to an efficient thing.

[0003] And the vibration and the noise resulting from (1) torque fluctuation (tangent electromagnetic force in stator inner circumference), and the vibration and the noise by the normal electromagnetic force generated in the stator which does not contribute to (2) torque are known as a cause of generating of the noise of a brushless DC motor.

[0004] About the noise which originates above (2) especially, several times as many electromagnetic force as this will occur to tangent electromagnetic force, and the loud noise will be generated, and it cannot use as torque. Therefore, to reduce normal electromagnetic force and to reduce vibration and the noise is desired.

[0005] Moreover, when the frequency of the harmonic content of the electromagnetic force of the direction of a normal is in agreement with stator resonance mode and a frequency, a stator will cause resonance and the still louder noise will be generated.

[0006] In consideration of these, the motorised method for reducing the harmonic content of electromagnetic force is proposed as follows.

(a) Store the fluctuation information on the electromagnetic force constituting the cause of circular ring vibration of a stator in electromagnetic-force fluctuation storage. According to positional information, read this electromagnetic-force fluctuation information, and a correction factor generating circuit is supplied. The control unit of the dynamo-electric machine which generates a correction factor which negates the main factor slack electromagnetic-force harmonic content of circular ring vibration of a stator, and amends a drive current wave form (refer to JP,11-341864,A), (b) by being inverter equipment which operates BL motor and a reluctance motor, and making an energization include angle into 144 degrees $\times 3$ degrees The inverter equipment which makes 5th time amount harmonic content min, and makes low vibration and the low noise possible (refer to JP,2000-308383,A), (c) Switch direct current voltage by the switching element of an inverter circuit, and it is impressed by the motor. A location detecting signal is obtained in a location detector with the induced voltage generated in the non-energizing phase of this motor. This location detecting signal detects the location of a rotator in a control circuit, and energization of a motor is changed. And it hits carrying out PWM control of the switching element, and driving a motor. Superimpose a voltage component which makes forward torque harmonic content beforehand contained in induced voltage on the applied voltage of a motor, and a motor is operated. In quest of the wave pattern [an electrical-potential-difference (PWM) pattern] equivalent to applied voltage when [of this operation] the most efficient, it memorizes to ROM. By the control circuit PWM control of the switching element is carried out using the wave pattern of the ROM. The timing circuit which detects the control approach (JP,2000-45783,A) of a motor of having made it drive a motor, and the timing between about 120 degrees and 180 degrees of (d) energization drive section, The wave generating circuit which generates a saw-tooth wave, and the energization command generating circuit which the on-duty of a software PWM circuit is changed by the voltage waveform of a wave generating circuit, and is energized, A vertical transistor group and a power transistor group are earned. For about 120 to 180 degrees of the above-mentioned energization drive section, The drive circuit of the brushless DC motor which adds the signal which changed the on-duty of a software PWM circuit gradually to each phase of a three-phase-motor coil group, lowers the on-duty of the energization last stage gradually, and was energized (JP,10-66375,A).

[0007] The electromagnetic-force oscillating component from which above-mentioned method [conventional] (a) - (d) causes noise and vibration, or the technique of making superimpose current harmonic content directly and removing the frequency component of a torque ripple -- {-- n (n is a positive integer) -- with technique} which superimposes the n-th higher-harmonic current [$n \times \text{primary}$] that the following noise and oscillating component should be reduced It is divided roughly into the technique of making min an electromagnetic-force oscillating component or current harmonic content leading to a torque ripple.

[0008]

[Problem(s) to be Solved by the Invention] When the technique of making superimpose current harmonic content directly and removing the electromagnetic-force oscillating component leading to the noise and vibration or the frequency component of a torque ripple is adopted, the noise and an oscillating component to reduce will increase. [there is a possibility that an electromagnetic-force oscillating component or a torque ripple may increase in the timing of the current phase to pour in or a rotation location, consequently]

[0009] When the technique of making min an electromagnetic-force oscillating component or current harmonic content leading to a torque ripple is adopted, it is almost impossible to make only corresponding current harmonic content into min, and since other current harmonic content will be affected, there is no guarantee which can fully reduce the noise and an oscillating component. Moreover, processing will be complicated as compared with the case where current harmonic content is superimposed.

[0010]

[Objects of the Invention] This invention is made in view of the above-mentioned trouble, and it aims at offering the brushless DC motor drive approach that electromagnetic-force vibration and the noise can certainly and fully be reduced, and its equipment.

[0011]

[Means for Solving the Problem] In driving a brushless DC motor by supplying a drive current from a power unit, the brushless DC motor drive approach of claim 1 is an approach of pouring in the harmonic content

current which is not directly related to the degree of the noise component used as the candidate for reduction.

[0012] In driving a brushless DC motor by supplying a drive current from a power unit, the brushless DC motor drive approach of claim 2 is an approach of pouring in the higher-harmonic current of a different degree to the drive current containing the harmonic content of a predetermined degree.

[0013] The brushless DC motor drive approach of claim 3 is an approach of setting the degree of said higher-harmonic current to pour in as at least one degree.

[0014] In driving a brushless DC motor by supplying a drive current from a power unit, the brushless DC motor drive approach of claim 4 is an approach of pouring in the 7th higher-harmonic current of a fundamental wave to a drive current.

[0015] The brushless DC motor drive approach of claim 5 is an approach of setting up the amount of the 7th higher-harmonic current poured in by 0.05 to 0.20 times the fundamental wave.

[0016] The brushless DC motor drive approach of claim 6 is the approach of detecting the rotation location of the rotator of a brushless DC motor from a motor neutral point signal, and supplying a drive current to a brushless DC motor from a power unit based on the detected rotation location.

[0017] The brushless DC motor drive approach of claim 7 is the approach of detecting the rotation location of the rotator of a brushless DC motor from the stator applied voltage of a brushless DC motor, a motor current, and the device constant of a brushless DC motor, and supplying a drive current to a brushless DC motor from a power unit based on the detected rotation location.

[0018] By supplying a drive current from a power unit, the brushless DC motor driving gear of claim 8 drives a brushless DC motor, and includes a harmonic content current impregnation means to pour in the harmonic content current which is not directly related to the degree of the noise component used as the candidate for reduction.

[0019] By supplying a drive current from a power unit, the brushless DC motor driving gear of claim 9 drives a brushless DC motor, and includes a higher-harmonic current impregnation means to pour in the higher-harmonic current of a different degree to the drive current containing the harmonic content of a predetermined degree.

[0020] The brushless DC motor driving gear of claim 10 sets the degree of said higher-harmonic current to pour in as at least one degree.

[0021] By supplying a drive current from a power unit, the brushless DC motor driving gear of claim 11 drives a brushless DC motor, and includes a 7th higher-harmonic current impregnation means to pour in the 7th higher-harmonic current of a fundamental wave to a drive current.

[0022] What sets up the amount of the 7th higher-harmonic current poured in by 0.05 to 0.20 times the fundamental wave as said 7th higher-harmonic current impregnation means is used for the brushless DC motor driving gear of claim 12.

[0023] What has the rotator which comes to embed a permanent magnet inside as said brushless DC motor is used for the brushless DC motor driving gear of claim 13.

[0024] What has the stator of the concentrated-winding mold which coils and comes to carry out the time of the direct coil to a tooth part as said brushless DC motor is used for the brushless DC motor driving gear of claim 14.

[0025] that in which the brushless DC motor driving gear of claim 15 has the stator of a $3 \times N$ (N is even number) slot, and the rotator of a $2 \times N$ pole as said brushless DC motor -- adopting -- a harmonic content current impregnation means and a higher-harmonic current impregnation means -- replacing with -- $N \times K$ (K is one or more integers) -- a current impregnation means to pour in the current which includes the higher-harmonic current of degrees other than primary [**] $N \times K$ that the following higher-harmonic noise should be reduced is adopted.

[0026] What has the stator of six slots and the rotator of four poles is used for the brushless DC motor driving gear of claim 16 as said brushless DC motor, and what pours in the current which includes the higher-harmonic current of degrees other than [2] primary [K**] as said current impregnation means that the higher-harmonic noise of $2K$ (K is one or more integers) degree should be reduced is used for it.

[0027] The brushless DC motor driving gear of claim 17 detects the rotation location of the rotator of a brushless DC motor from a motor neutral point signal, and includes further a power control means to control a power unit that a drive current should be supplied to a brushless DC motor, from a power unit based on the detected rotation location.

[0028] The brushless DC motor driving gear of claim 18 detects the rotation location of the rotator of a brushless DC motor from the stator applied voltage of a brushless DC motor, a motor current, and the device constant of a brushless DC motor, and includes further a power control means to control a power

unit that a drive current should be supplied to a brushless DC motor, from a power unit based on the detected rotation location.

[0029] What drives the compressor for freezers or the compressor for air conditioners is used for the brushless DC motor driving gear of claim 19 as said brushless DC motor.

[0030]

[Function] Since the harmonic content current which is not directly related to the degree of the noise component used as the candidate for reduction is poured in in driving a brushless DC motor by supplying a drive current from a power unit if it is the brushless DC motor drive approach of claim 1, electromagnetic-force vibration and the noise can certainly and fully be reduced.

[0031] Since the higher-harmonic current of a different degree to the drive current containing the harmonic content of a predetermined degree is poured in in driving a brushless DC motor by supplying a drive current from a power unit if it is the brushless DC motor drive approach of claim 2, electromagnetic-force vibration and the reduction effectiveness of the noise can be heightened.

[0032] If it is the brushless DC motor drive approach of claim 3, since the degree of said higher-harmonic current to pour in is set as at least one degree, the same operation as claim 2 can be attained.

[0033] Since the 7th higher-harmonic current of a fundamental wave is poured in to a drive current in driving a brushless DC motor by supplying a drive current from a power unit if it is the brushless DC motor drive approach of claim 4, the 14th noise component can be reduced sharply.

[0034] If it is the brushless DC motor drive approach of claim 5, since the amount of the 7th higher-harmonic current poured in will be set up by 0.05 to 0.20 times the fundamental wave, the same operation as claim 4 can be attained.

[0035] If it is the brushless DC motor drive approach of claim 6, since the rotation location of the rotator of a brushless DC motor is detected from a motor neutral point signal and a drive current is supplied to a brushless DC motor from a power unit based on the detected rotation location, equipping with the sensor for location detection can apply to a difficult application, and also the same operation as any of claim 1 to claim 5 they are can be attained.

[0036] If it is the brushless DC motor drive approach of claim 7, since the rotation location of the rotator of a brushless DC motor is detected from the stator applied voltage of a brushless DC motor, a motor current, and the device constant of a brushless DC motor and a drive current is supplied to a brushless DC motor from a power unit based on the detected rotation location, equipping with the sensor for location detection can apply to a difficult application, and also the same operation as any of claim 1 to claim 5 they are can be attained.

[0037] Since the harmonic content current which is not directly related to the degree of the noise component which serves as a candidate for reduction with a harmonic content current impregnation means is poured in in driving a brushless DC motor by supplying a drive current from a power unit if it is the brushless DC motor driving gear of claim 8, electromagnetic-force vibration and the noise can certainly and fully be reduced.

[0038] Since the higher-harmonic current of the degree which changes to the drive current containing the harmonic content of a predetermined degree with higher-harmonic current impregnation means is poured in in driving a brushless DC motor by supplying a drive current from a power unit if it is the brushless DC motor driving gear of claim 9, electromagnetic-force vibration and the reduction effectiveness of the noise can be heightened.

[0039] If it is the brushless DC motor driving gear of claim 10, since the degree of said higher-harmonic current to pour in is set as at least one degree, the same operation as claim 9 can be attained.

[0040] Since the 7th higher-harmonic current of a fundamental wave is poured in to a drive current with a 7th higher-harmonic current impregnation means in driving a brushless DC motor by supplying a drive current from a power unit if it is the brushless DC motor driving gear of claim 11, the 14th noise component can be reduced sharply.

[0041] If it is the brushless DC motor driving gear of claim 12, since what sets up the amount of the 7th higher-harmonic current poured in by 0.05 to 0.20 times the fundamental wave as said 7th higher-harmonic current impregnation means will be adopted, the same operation as claim 11 can be attained.

[0042] If it is the brushless DC motor driving gear of claim 13, since what has the rotator which comes to embed a permanent magnet inside as said brushless DC motor is adopted, low vibration, the reduction in the noise, and high torque-ization can be attained, and also the same operation as any of claim 8 to claim 12 they are can be attained.

[0043] If it is the brushless DC motor driving gear of claim 14, since what has the stator of the concentrated-winding mold which coils and comes to carry out the time of the direct coil to a tooth part

as said brushless DC motor is adopted, low vibration, the reduction in the noise, and high torque-ization can be attained, and also the same operation as any of claim 8 to claim 10 they are can be attained.

[0044] If it is the brushless DC motor driving gear of claim 15, as said brushless DC motor What has the stator of a $3 \times N$ (N is even number) slot and the rotator of a $2 \times N$ pole is adopted. a harmonic content current impregnation means and a higher-harmonic current impregnation means -- replacing with -- $N \times K$ (K is one or more integers), since a current impregnation means to pour in the current which includes the higher-harmonic current of degrees other than primary [**] $N \times K$ that the following higher-harmonic noise should be reduced is adopted By applying to the brushless DC motor which has the stator of a $3 \times N$ slot, and the rotator of a $2 \times N$ pole, the same operation as claim 14 can be attained.

[0045] If it is the brushless DC motor driving gear of claim 16, as said brushless DC motor What has the stator of six slots and the rotator of four poles is adopted. As said current impregnation means Since what pours in the current which includes the higher-harmonic current of degrees other than [2] primary [K**] that the higher-harmonic noise of $2K$ (K is one or more integers) degree should be reduced is adopted By applying to the brushless DC motor which has the stator of six slots, and the rotator of four poles, the same operation as claim 15 can be attained.

[0046] If it is the brushless DC motor driving gear of claim 17, since the rotation location of the rotator of a brushless DC motor is detected from a motor neutral point signal and a power-control means control a power unit that a drive current should be supplied to a brushless DC motor is further included from a power unit based on the detected rotation location, equipping with the sensor for location detection can apply to a difficult application, and also the same operation as any of claim 8 to claim 16 they are can be attained.

[0047] If it is the brushless DC motor driving gear of claim 18, the stator applied voltage of a brushless DC motor, The rotation location of the rotator of a brushless DC motor is detected from a motor current and the device constant of a brushless DC motor. Since a power control means to control a power unit that a drive current should be supplied to a brushless DC motor from a power unit based on the detected rotation location is included further Equipping with the sensor for location detection can apply to a difficult application, and also the same operation as any of claim 8 to claim 16 they are can be attained.

[0048] If it is the brushless DC motor driving gear of claim 19, since what drives the compressor for freezers or the compressor for air conditioners is adopted as said brushless DC motor, the noise which originates in the electromagnetic force of a brushless DC motor, and is generated from a compressor can be reduced sharply, and also the same operation as any of claim 1 to claim 18 they are can be attained.

[0049]

[Embodiment of the Invention] Hereafter, with reference to an accompanying drawing, the mode of operation of the brushless DC motor drive approach of this invention and its equipment is explained to a detail.

[0050] Drawing 1 is the schematic diagram showing one embodiment of the brushless DC motor driving gear of this invention.

[0051] The power unit 1 with which this brushless DC motor driving gear contains DC-power-supply 1a and three phase inverter circuit 1b, The brushless DC motor 2 with which a drive current is supplied from three phase inverter circuit 1b, The sensor loess location detector 3 which detects the rotation location of the rotator of a brushless DC motor 2 by considering the drive current for two phases as an input, The PWM generating circuit 4 which outputs an PWM control signal in order to perform an PWM control operation and to carry out PWM actuation of the three phase inverter circuit 1b by considering as an input the location detecting signal outputted from the sensor loess location detector 3, It has the higher-harmonic injection circuit 5 which pours in a harmonic content current by considering as an input the location detecting signal outputted from the sensor loess location detector 3.

[0052] In addition, it is possible to adopt what performs the operation using what replaces with said sensor loess location detector 3, detects the induced voltage of what detects a rotation location using sensors, such as a rotary encoder, and a brushless DC motor 2, and detects a rotation location from a detection electrical potential difference, the drive current of a brushless DC motor 2, and an electrical potential difference, and detects a rotation location.

[0053] While said three phase inverter circuit 1b switches direct current voltage by the switching element, impresses it to a brushless DC motor 2, detects the rotation location of a rotator by the location detecting signal and changes energization of a brushless DC motor 2, it carries out PWM control of the switching element, and drives a brushless DC motor 2.

[0054] Said PWM generating circuit 4 outputs an PWM control signal so that it may carry out PWM actuation of the three phase inverter circuit 1b on the basis of a location detecting signal by considering a

location detecting signal as an input, and it supplies it to the switching element of three phase inverter circuit 1b.

[0055] Said higher-harmonic injection circuit 5 pours in the single which does not contain the harmonic content of the degree which not necessarily corresponds, and the corresponding harmonic content of the primary [**] degree, or the motor current of the harmonic content of two or more degrees to the higher-harmonic noise component of a degree to reduce. Here, the primary component is a fundamental-wave frequency component which drives a brushless DC motor. Therefore, in said higher-harmonic injection circuit 5, it can answer that the degree of a higher-harmonic oscillating component to reduce was set up, and the motor current of the harmonic content of the above-mentioned degree can be poured in.

[0056] The operation of the brushless DC motor driving gear of the above-mentioned configuration is as follows.

[0057] The sensor loess location detector 3 detects the rotation location of the rotator of a brushless DC motor 2. Generate an PWM control signal by the PWM generating circuit 4 which considers the location detecting signal from the sensor loess location detector 3 as an input, and three phase inverter circuit 1b is supplied. In controlling the drive current supplied to a brushless DC motor 2 The signal for pouring in the higher-harmonic current component of a degree which is not directly [the higher-harmonic noise component which it is going to reduce, and] related from the higher-harmonic injection circuit 5 can be supplied to the PWM generating circuit 4. The noise and vibration of a brushless DC motor 2 can certainly and fully be reduced by the poured-in higher-harmonic-wave current component.

[0058] Furthermore, it explains.

[0059] About the relation between the electromagnetic force of a brushless DC motor, and the noise, it is not dependent on a pole, and is dependent on the frequency of a drive current (or driver voltage), $2\pi n$ times as many harmonic content as this occurs (in addition, f is refer to drawing 2 and fundamental frequency which is drive frequency), and the frequency component of the electromagnetic force of a brushless DC motor 2 is superimposed on the harmonic content for which it depended on the motor configuration at this. For example, when there are 12 slots per game of a stator, it is superimposed on the $12 \times K$ th harmonic content. Here, n and K are positive integers.

[0060] And such harmonic content serves as vibration and noise, and is emitted from a brushless DC motor.

[0061] And for example, using a sinusoidal PWM wave, by pouring in the current of the 5th harmonic content, as shown in (a) among drawing 3, the 10th higher-harmonic noise component can be reduced to the component of the primary fundamental wave. Here, if the 5th higher-harmonic current component is made to increase, the 2.5dBA fall of the 10th higher-harmonic noise component can be carried out.

[0062] In addition, in order to reduce the 10th higher-harmonic noise component conventionally, it was thought that what is necessary was just to pour in the 10th higher-harmonic current component [primary / **]. However, when only the 11th higher-harmonic current component was poured in, as shown in (b) among drawing 3, it turned out that the 10th higher-harmonic noise component increases. This is considered to be because for the 11th motor electromagnetic force [primary / **] to contribute to the noise directly, consequently for the 10th higher-harmonic noise component to increase.

[0063] Moreover, using a sinusoidal PWM wave, to the component of the primary fundamental wave, by pouring in the current of the 5th harmonic content [7th], as shown in (a) among drawing 4, the 8th higher-harmonic noise component can be reduced. Here, if the 5th higher-harmonic current component [7th] is made to increase, 5dBA fall of the 8th higher-harmonic noise component can be carried out.

[0064] In addition, when only the 5th higher-harmonic current component [7th] is poured in, as shown in (b) and (c) among drawing 4, it turns out that the 8th higher-harmonic noise component does not fall, or it increases. While being because the 5th higher-harmonic current component does not contribute this to the 8th higher-harmonic noise component directly, consequently the 8th higher-harmonic noise component does not fall, it is thought that it is because the 7th motor electromagnetic force [primary / **] contributes to the noise directly, consequently the 8th higher-harmonic noise component increases.

[0065] If it puts in another way, pouring in the higher-harmonic current component of the degree which motor electromagnetic force contributes to the noise directly to the higher-harmonic noise component of a degree to reduce will tend to make the noise increased.

[0066] In addition, the axis of abscissa in drawing 3 and drawing 4 is a rate of a higher-harmonic current ratio (= each higher-harmonic current component / fundamental-wave current component), and axes of ordinate are 10f sound (10th higher-harmonic noise component) and 8f sound (8th higher-harmonic noise component), respectively.

[0067] Furthermore, if the 7th higher-harmonic current component is poured in by the higher-harmonic

injection circuit 5, the 14th higher-harmonic noise component can be reduced sharply (they are 15dBA(s) at the maximum). Here, since the 14th higher-harmonic noise component changes according to the 7th rate of a higher-harmonic current ratio as shown in drawing 5, it is [that what is necessary is just to set the 7th rate of a higher-harmonic current ratio as 0.05-0.20] more desirable [a component] to set it as 0.10-0.15.

[0068] Thus, the 14th higher-harmonic noise component is reduced by reducing the 14th higher-harmonic noise component, since especially the 14th higher-harmonic noise component is large as a result of measuring the sound spectrum at the time of compressor operation because the noise as the whole compressor can be reduced.

[0069] Said brushless DC motor 2 is divided roughly into the thing (refer to drawing 7) which comes to equip a permanent magnet on the surface of a rotator, and the thing (refer to drawing 8) which comes to embed a permanent magnet to the interior of a rotator. Since it becomes easy to concentrate electromagnetic force on a part of rotator front face among these when the brushless DC motor of the latter configuration is adopted, vibration and the noise of a brushless DC motor become large. Therefore, the effectiveness of reducing a higher-harmonic exciting-force component becomes still larger by pouring in a single or the motor current of the harmonic content of two or more degrees.

[0070] Moreover, when the brushless DC motor of the latter configuration is adopted, not only the magnet torque by the permanent magnet but the reluctance torque using the magnetic flux which flows to the iron core on the front face of a rotator can be used together.

[0071] Therefore, a brushless DC motor 2 can be driven with low vibration, the low noise, and high torque. If it puts in another way, a heavy load can be driven in low vibration and the low noise.

[0072] Moreover, said brushless DC motor 2 is divided roughly into the thing (refer to drawing 10) which carries out the distributed winding of the coil to the tooth part of a stator, and concentrated-winding-comes to become it (refer to drawing 9). Since a coil is coiled around a direct tooth part about among these when the brushless DC motor of the latter configuration is adopted, compared with the stator which gives a distributed winding, a wirewound resistor becomes small, and copper loss decreases and it becomes efficient. However, in order that a coil may concentrate on one stator tooth part, electromagnetic force will also be concentrated, and the noise and vibration will increase. Therefore, the effectiveness of reducing a higher-harmonic exciting-force component becomes still larger by pouring in a single or the motor current of the harmonic content of two or more degrees.

[0073] Therefore, when the brushless DC motor of the latter configuration is adopted, a brushless DC motor can be driven in efficient and the low noise.

[0074] in addition, the thing the pole of $3 \times N$ (N is even number) and a rotator is set [a thing] as $2 \times N$ for the number of slots of a stator in the brushless DC motor of the above-mentioned concentrated winding -- possible -- in this case -- $N \times K$ (K is one or more integers) -- a brushless DC motor can be driven in efficient and the low noise by pouring in the current in which higher-harmonic current components other than primary [**] $N \times K$ are contained that the following higher-harmonic noise should be reduced.

[0075] A brushless DC motor can be driven in efficient and the low noise by pouring in the current in which higher-harmonic current components other than primary [$2 \times K$ **] are contained that the pole of 6 and a rotator should be set as 4 for the number of slots of a stator, and the $2 \times K$ th higher-harmonic noise should specifically be reduced.

[0076] Drawing 11 is the electrical diagram showing an example of the configuration of the sensor loess location detector 3.

[0077] the difference which this sensor loess location detector 3 connects resistance 2b by which Y connection was carried out to stator-winding 2a by which Y connection was carried out at juxtaposition, and considers the neutral point electrical potential difference V_N of stator-winding 2a, and the neutral point electrical potential difference V_M of resistance 2b as an input -- amplifier 3a and difference -- it has integrator 3b which considers the output signal from amplifier 3a as an input, and zero cross comparator 3c which considers the output signal from integrator 3b as an input (refer to JP,7-337079,A). In addition, the output signal from zero cross comparator 3c is a location detecting signal.

[0078] In drawing 11, a microcomputer 6 attains an operation of the PWM generating circuit 4 and the higher-harmonic injection circuit 5, and also can attain other well-known operations conventionally.

Moreover, the base drive circuit 7 outputs the signal which can actually switch a switching element by considering the switching signal outputted from a microcomputer 6 as an input.

[0079] Since location detection is performed based on potential fluctuation of the motor neutral point when the sensor loess location detector 3 of the above-mentioned configuration is adopted, it is not influenced at the energization period impressed to a brushless DC motor, location detection of all 180-degree

sections is attained theoretically, as a result 180 degrees of all phases can be controlled.

[0080] Moreover, when using a brushless DC motor by an elevated-temperature hyperbaric atmosphere etc., since the sensor is unnecessary, cheaply, highly reliable motor location detection can be performed and a brushless DC motor can be driven that there is nothing inconvenient in any way.

[0081] Furthermore, since it becomes unnecessary to restrict the energization period of the current supplied to a brushless DC motor, sinusoidal energization is attained and it can contribute to efficient-ization of a brushless DC motor.

[0082] Since concomitant use with magnet torque and reluctance torque is attained, motorised [still more efficient] becomes possible, since it becomes controllable [which advances a current phase freely] further again, and it weakens and magnetic-flux control can also be performed, expansion of the operating range of a brushless DC motor can be attained.

[0083] Drawing 12 is the block diagram showing other examples of the configuration of the sensor loess location detector 3. In addition, the part for controlling the three phase inverter circuit 2 is also shown in drawing 12.

[0084] The current detecting element 31 to which this sensor loess location detector 3 detects a motor current, The electrical-potential-difference detecting element 32 which detects a motor electrical potential difference, and the location and speed detector 33 which output the rotation location of a rotator, and the rotational speed of a rotator using the mathematical model of the motor which considers a motor current and a motor electrical potential difference as an input, and it has inside, The speed-control section 34 which performs a speed-control operation by considering rotational speed which is given from the outside, and which was outputted [which were outputted and it was rate-ordered] as an input, and outputs a current command, The phase control section 35 which performs a phase control operation by considering the phase command and current command which are given from the outside as an input, A current control operation is performed by considering the rotation location of the output signal from the phase control section 35, a motor current, and a rotator as an input, and it has the current control section 36 which outputs an electrical-potential-difference command and is supplied to three phase inverter circuit 1b.

[0085] In addition, in drawing 12, AC power supply one a1, the rectifier circuit one a2, and the smoothing capacitor one a3 constitute DC-power-supply 1a.

[0086] When the sensor loess location detector 3 of the above-mentioned configuration is adopted, the rotation location of a rotator and the rotational speed of a rotator can be identified using the mathematical model of a motor according to the presumed current calculated based on an estimated position and presumed speed electromotive force, and the motor current which is actually flowing (T.IEE Japan besides "sensor loess brushless DC motor control based on a current presumption error", and Takeshita, Vol.115-D, No.4, '95 reference).

[0087] Moreover, in the case of a brushless DC motor with a saliency, since a coil inductance changes with the rotation locations of a rotator, location presumption becomes difficult, but location presumption is attained by extending the mathematical model of a motor to a salient pole mold motor (T.IEEJapan besides "sensor loess salient pole form brushless DC motor control based on speed-electromotive-force presumption", and Takeshita, Vol.117-D, No.1, '97 reference).

[0088] This sensor loess location detector is not influenced at the energization period impressed to a brushless DC motor, but the location detection of all 180-degree sections of it is attained theoretically, as a result it can control 180 degrees of all phases.

[0089] Moreover, when using a brushless DC motor by an elevated-temperature hyperbaric atmosphere etc., since the sensor is unnecessary, cheaply, highly reliable motor location detection can be performed and a brushless DC motor can be driven that there is nothing inconvenient in any way.

[0090] Furthermore, since it becomes unnecessary to carry out the sine of the energization period of the current supplied to a brushless DC motor, sinusoidal energization is attained and it can contribute to efficient-ization of a brushless DC motor.

[0091] Since concomitant use with magnet torque and reluctance torque is attained, motorised [still more efficient] becomes possible, since it becomes controllable [which advances a current phase freely] further again, and it weakens and magnetic-flux control can also be performed, expansion of the operating range of a brushless DC motor can be attained.

[0092] Furthermore, since momentary location presumption under motor operation is theoretically possible, an exact higher-harmonic current can be poured in and the reduction in vibration and low noise-ization can be attained further.

[0093] The case where the compressor for refrigerators or the compressor for air-conditioning machines is driven with the brushless DC motor driven as mentioned above is considered.

[0094] The compressor for refrigerators or the compressor for air-conditioning machines consists of various kinds of members, and the loud noise (protrusion sound) is generated because the natural frequency of those members causes the harmonic content of the electromagnetic force of a brushless DC motor, and resonance. However, the noise which originates in the electromagnetic force of a brushless DC motor, and is generated from a compressor can be sharply reduced by driving a brushless DC motor using the above-mentioned embodiment.

[0095] In specifically driving the compressor which the 14th higher-harmonic noise component has generated, as shown in drawing 13, by pouring in the 7th higher-harmonic current component and driving a brushless DC motor, as shown in drawing 14, the 14th higher-harmonic noise component can be reduced sharply.

[0096]

[Effect of the Invention] Invention of claim 1 does so the characteristic effectiveness that electromagnetic-force vibration and the noise can certainly and fully be reduced.

[0097] Invention of claim 2 does so the characteristic effectiveness that electromagnetic-force vibration and the reduction effectiveness of the noise can be heightened.

[0098] Invention of claim 3 does so the same effectiveness as claim 2.

[0099] Invention of claim 4 does so the characteristic effectiveness that the 14th noise component can be reduced sharply.

[0100] Invention of claim 5 does so the same effectiveness as claim 4.

[0101] Equipping with the sensor for location detection can apply invention of claim 6 to a difficult application, and also it does so the same effectiveness as any of claim 1 to claim 5 they are.

[0102] Equipping with the sensor for location detection can apply invention of claim 7 to a difficult application, and also it does so the same effectiveness as any of claim 1 to claim 5 they are.

[0103] Invention of claim 8 does so the characteristic effectiveness that electromagnetic-force vibration and the noise can certainly and fully be reduced.

[0104] Invention of claim 9 does so the characteristic effectiveness that electromagnetic-force vibration and the reduction effectiveness of the noise can be heightened.

[0105] Invention of claim 10 does so the same effectiveness as claim 9.

[0106] Invention of claim 11 does so the characteristic effectiveness that the 14th noise component can be reduced sharply.

[0107] Invention of claim 12 does so the same effectiveness as claim 11.

[0108] Invention of claim 13 can attain low vibration, the reduction in the noise, and high torque-ization, and also does so the same effectiveness as any of claim 8 to claim 12 they are.

[0109] Invention of claim 14 can attain low vibration, the reduction in the noise, and high torque-ization, and also does so the same effectiveness as any of claim 8 to claim 10 they are.

[0110] Invention of claim 15 does so the same effectiveness as claim 14 by applying to the brushless DC motor which has the stator of a 3xN slot, and the rotator of a 2xN pole.

[0111] Invention of claim 16 does so the same effectiveness as claim 15 by applying to the brushless DC motor which has the stator of six slots, and the rotator of four poles.

[0112] Equipping with the sensor for location detection can apply invention of claim 17 to a difficult application, and also it does so the same effectiveness as any of claim 8 to claim 16 they are.

[0113] Equipping with the sensor for location detection can apply invention of claim 18 to a difficult application, and also it does so the same effectiveness as any of claim 8 to claim 16 they are.

[0114] Invention of claim 19 can reduce sharply the noise which originates in the electromagnetic force of a brushless DC motor, and is generated from a compressor, and also does so the same effectiveness as any of claim 1 to claim 18 they are.

[Translation done.]

* NOTICES *

JPO and NCIP are not responsible for any damages caused by the use of this translation.

1.This document has been translated by computer. So the translation may not reflect the original precisely.

2.**** shows the word which can not be translated.

3.In the drawings, any words are not translated.

DESCRIPTION OF DRAWINGS

[Brief Description of the Drawings]

[Drawing 1] It is the schematic diagram showing one embodiment of the brushless DC motor driving gear of this invention.

[Drawing 2] It is drawing explaining the harmonic content of the electromagnetic force generated in a brushless DC motor.

[Drawing 3] It is drawing showing change of the 10th higher-harmonic oscillating component to the rate of a higher-harmonic current ratio of the 5th 11th higher-harmonic current.

[Drawing 4] It is drawing showing change of the 8th higher-harmonic oscillating component to the rate of a higher-harmonic current ratio of the 5th 7th higher-harmonic current and the 5th 7th higher-harmonic current.

[Drawing 5] It is drawing showing change of the 14th higher-harmonic oscillating component to the rate of a higher-harmonic current ratio of a 7th higher-harmonic current.

[Drawing 6] It is drawing showing an example of the sound spectrum at the time of compressor operation.

[Drawing 7] It is drawing showing the configuration and electromagnetic-force vector of a brushless DC motor of surface magnet structure.

[Drawing 8] It is drawing showing the configuration and electromagnetic-force vector of a brushless DC motor of embedding magnet structure.

[Drawing 9] It is drawing showing electromagnetic-force vector distribution of a distributed-winding brushless DC motor.

[Drawing 10] It is drawing showing electromagnetic-force vector distribution of a concentrated-winding brushless DC motor.

[Drawing 11] It is the electrical diagram showing the sensor loess location detector using a motor neutral point signal.

[Drawing 12] It is the block diagram showing the sensor loess location detector using the mathematical model of a motor.

[Drawing 13] It is drawing showing the sound spectrum of the compressor when not pouring in a 7th higher-harmonic current.

[Drawing 14] It is drawing showing the sound spectrum of the compressor at the time of pouring in a 7th higher-harmonic current.

[Description of Notations]

1b Three phase inverter circuit 2 Brushless DC motor

3a difference -- amplifier 3b Integrator

3c Zero cross comparator 6 Microcomputer

5 Higher-Harmonic Injection Circuit 33 Location and Speed Detector

34 Speed-Control Section 35 Position Control Section

36 Power Control Section

[Translation done.]

* NOTICES *

JPO and NCIP are not responsible for any damages caused by the use of this translation.

1.This document has been translated by computer. So the translation may not reflect the original precisely.

2.**** shows the word which can not be translated.

3.In the drawings, any words are not translated.

DRAWINGS

(19) 日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号

特開2003-174794

(P2003-174794A)

(43) 公開日 平成15年6月20日 (2003.6.20)

(51) Int.Cl. ⁷	識別記号	F I	テーマコード* (参考)
H 0 2 P 6/18		H 0 2 K 1/27	5 0 1 K 5 H 5 6 0
H 0 2 K 1/27	5 0 1	H 0 2 P 6/02	3 7 1 S 5 H 6 2 2
H 0 2 P 6/10			3 5 1 G

審査請求 未請求 請求項の数19 O L (全 12 頁)

(21) 出願番号 特願2001-369902(P2001-369902)

(22) 出願日 平成13年12月4日 (2001.12.4)

(71) 出願人 000002853

ダイキン工業株式会社

大阪府大阪市北区中崎西2丁目4番12号

梅田センタービル

(72) 発明者 山際 昭雄

滋賀県草津市岡本町字大谷1000番地の2

株式会社ダイキン空調技術研究所内

(72) 発明者 青田 桂治

滋賀県草津市岡本町字大谷1000番地の2

株式会社ダイキン空調技術研究所内

(74) 代理人 100087804

弁理士 津川 友士

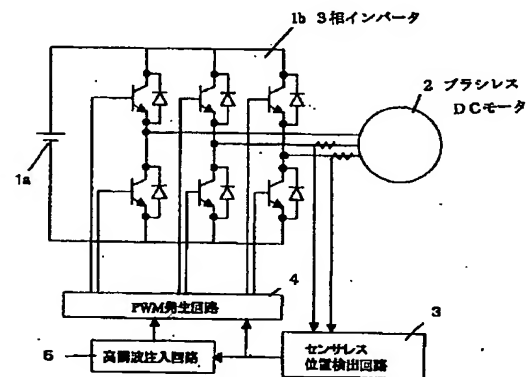
最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 ブラシレスDCモータ駆動方法およびその装置

(57) 【要約】

【課題】 電磁力振動および騒音を確実に、かつ十分に低減する。

【解決手段】 三相インバータ回路1bから駆動電流が供給されるブラシレスDCモータ2と、2相分の駆動電流を入力としてブラシレスDCモータ2の回転子の回転位置を検出するセンサレス位置検出回路3と、センサレス位置検出回路3から出力される位置検出信号を入力としてPWM制御演算を行い、3相インバータ回路1bをPWM動作させるべくPWM制御信号を出力するPWM発生回路4と、センサレス位置検出回路3から出力される位置検出信号を入力として高調波成分電流を注入する高調波注入回路5とを有している。



【特許請求の範囲】

【請求項1】 電源装置(1b)から駆動電流を供給することによりブラシレスDCモータ(2)を駆動する方法であって、低減対象となる騒音成分の次数に直接関係しない高調波成分電流を注入することを特徴とするブラシレスDCモータ駆動方法。

【請求項2】 電源装置(1b)から駆動電流を供給することによりブラシレスDCモータ(2)を駆動する方法であって、所定次数の高調波成分を含む駆動電流に対して異なる次数の高調波電流を注入することを特徴とするブラシレスDCモータ駆動方法。

【請求項3】 前記注入する高調波電流の次数は少なくとも1つの次数である請求項2に記載のブラシレスDCモータ駆動方法。

【請求項4】 電源装置(1b)から駆動電流を供給することによりブラシレスDCモータ(2)を駆動する方法であって、駆動電流に対して基本波の7次の高調波電流を注入することを特徴とするブラシレスDCモータ駆動方法。

【請求項5】 注入される7次の高調波電流の量を基本波の0.05～0.20倍に設定する請求項4に記載のブラシレスDCモータ駆動方法。

【請求項6】 モータ中性点信号からブラシレスDCモータ(2)の回転子の回転位置を検出し、検出された回転位置に基づいて電源装置(1b)からブラシレスDCモータ(2)に駆動電流を供給する請求項1から請求項5の何れかに記載のブラシレスDCモータ駆動方法。

【請求項7】 ブラシレスDCモータ(2)の固定子印加電圧、モータ電流、およびブラシレスDCモータ

(2)の機器定数からブラシレスDCモータ(2)の回転子の回転位置を検出し、検出された回転位置に基づいて電源装置(1b)からブラシレスDCモータ(2)に駆動電流を供給する請求項1から請求項5の何れかに記載のブラシレスDCモータ駆動方法。

【請求項8】 電源装置(1b)から駆動電流を供給することによりブラシレスDCモータ(2)を駆動する装置であって、低減対象となる騒音成分の次数に直接関係しない高調波成分電流を注入する高調波成分電流注入手段(5)を含むことを特徴とするブラシレスDCモータ駆動装置。

【請求項9】 電源装置(1b)から駆動電流を供給することによりブラシレスDCモータ(2)を駆動する装置であって、所定次数の高調波成分を含む駆動電流に対して異なる次数の高調波電流を注入する高調波電流注入手段(5)を含むことを特徴とするブラシレスDCモータ駆動装置。

【請求項10】 前記注入する高調波電流の次数は少なくとも1つの次数である請求項9に記載のブラシレスDCモータ駆動装置。

【請求項11】 電源装置(1b)から駆動電流を供給

することによりブラシレスDCモータ(2)を駆動する装置であって、駆動電流に対して基本波の7次の高調波電流を注入する7次高調波電流注入手段(5)を含むことを特徴とするブラシレスDCモータ駆動装置。

【請求項12】 前記7次高調波電流注入手段(5)は、注入される7次の高調波電流の量を基本波の0.05～0.20倍に設定するものである請求項11に記載のブラシレスDCモータ駆動装置。

【請求項13】 前記ブラシレスDCモータ(2)は、内部に永久磁石を埋め込んでなる回転子を有するものである請求項8から請求項12の何れかに記載のブラシレスDCモータ駆動装置。

【請求項14】 前記ブラシレスDCモータ(2)は、歯部に直接巻線を巻き回してなる集中巻型の固定子を有するものである請求項8から請求項10の何れかに記載のブラシレスDCモータ駆動装置。

【請求項15】 前記ブラシレスDCモータ(2)は、 $3 \times N$ (N は偶数) スロットの固定子および $2 \times N$ 極の回転子を有するものであり、高調波成分電流注入手段(5)、高調波電流注入手段(5)に代えて、 $N \times K$ (K は1以上の整数) 次の高調波騒音を低減すべく $N \times K \pm 1$ 次以外の次数の高調波電流を含む電流を注入する電流注入手段(5)を採用する請求項14に記載のブラシレスDCモータ駆動装置。

【請求項16】 前記ブラシレスDCモータ(2)は、6スロットの固定子および4極の回転子を有するものであり、前記電流注入手段(5)は、 $2K$ (K は1以上の整数) 次の高調波騒音を低減すべく $2K \pm 1$ 次以外の次数の高調波電流を含む電流を注入するものを採用するものである請求項15に記載のブラシレスDCモータ駆動装置。

【請求項17】 モータ中性点信号からブラシレスDCモータの回転子の回転位置を検出し、検出された回転位置に基づいて電源装置からブラシレスDCモータに駆動電流を供給すべく電源装置(1b)を制御する電源制御手段(3a)(3b)(3c)(6)をさらに含む請求項8から請求項16の何れかに記載のブラシレスDCモータ駆動装置。

【請求項18】 ブラシレスDCモータ(2)の固定子印加電圧、モータ電流、およびブラシレスDCモータ(2)の機器定数からブラシレスDCモータ(2)の回転子の回転位置を検出し、検出された回転位置に基づいて電源装置(1b)からブラシレスDCモータ(2)に駆動電流を供給すべく電源装置(1b)を制御する電源制御手段(33)(34)(35)(36)をさらに含む請求項8から請求項16の何れかに記載のブラシレスDCモータ駆動装置。

【請求項19】 前記ブラシレスDCモータ(2)は、冷凍装置用圧縮機もしくは空気調和機用圧縮機を駆動するものである請求項8から請求項18の何れかに記載の

ブラシレスDCモータ駆動装置。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】この発明は、電源装置から駆動電流を供給することによってブラシレスDCモータを駆動する方法およびその装置に関する。

【0002】

【従来の技術】従来から、高効率であることに着目して、種々の分野において回転駆動源としてブラシレスDCモータを採用することが提案され、実用化されつつある。

【0003】そして、ブラシレスDCモータの騒音の発生原因として、(1)トルク変動に起因する振動・騒音(固定子内周における接線電磁力)、および(2)トルクに寄与しない固定子に発生する法線電磁力による振動・騒音が知られている。

【0004】特に、前記(2)に起因する騒音に関しては、接線電磁力に対して数倍の電磁力が発生し、大きな騒音を発生することになり、かつ、トルクとして利用することができない。したがって、法線電磁力を低減して振動・騒音を低減することが望まれている。

【0005】また、法線方向の電磁力の高調波成分の周波数が固定子共振モードおよび周波数に一致すると、固定子が共振を起こしてさらに大きな騒音を発生することになる。

【0006】これらを考慮して、電磁力の高調波成分を低減するためのモータ駆動方式が以下のように提案されている。

(a) 固定子の円環振動の原因となる電磁力の変動情報を電磁力変動記憶装置に記憶させ、この電磁力変動情報を位置情報にしたがって読み出して補正係数発生回路に供給し、固定子の円環振動の主因たる電磁力高調波成分を打ち消すような補正係数を生成して駆動電流波形を補正する回転電機制御装置(特開平11-341864号公報参照)、(b) BLモータ、リラクタンスマータを運転するインバータ装置であって、通電角度を $144^\circ \pm 3^\circ$ にすることで、第5次の時間高調波成分を最小にし、低振動、低騒音を可能にするインバータ装置(特開2000-308383号公報参照)、(c) 直流電圧をインバータ回路のスイッチング素子でスイッチングしてモータに印加し、このモータの非通電相に発生する誘起電圧により位置検出信号を位置検出回路で得、この位置検出信号により回転子の位置を制御回路で検出してモータの通電を切り替え、かつ、スイッチング素子をPWM制御してモータを駆動するに当たって、予め誘起電圧に含まれている高調波成分を正トルクとするような電圧成分をモータの印加電圧に重畳してモータを運転し、この運転の最も効率のよいときの印加電圧に相当する波形パターン(電圧(PWM)パターン)を求めてROMに記憶し、制御回路により、そのROMの波形パターン

を用いてスイッチング素子をPWM制御し、モータを駆動するようにしたモータの制御方法(特開2000-45783号公報)、および(d)通電駆動区間のほぼ 120° から 180° の間のタイミングを検出するタイミング回路と、鋸歯状波を発生する波形発生回路と、波形発生回路の電圧波形によりソフトPWM回路のオン・デューティーを変化させて通電する通電指令発生回路と、上下トランジスタ群と、パワートランジスタ群とを備え、上記通電駆動区間のほぼ 120° から 180° の間、ソフトPWM回路のオン・デューティーを徐々に変えた信号を三相モータコイル群の各相に加えて、通電末期のオン・デューティーを徐々に下げて通電するようにしたブラシレスDCモータの駆動回路(特開平10-66375号公報)。

【0007】上記従来の方式(a)～(d)は、騒音・振動の原因になっている電磁力振動成分、またはトルクリブルの周波数成分を直接、電流高調波成分を重畳させて除去する手法{n(nは正の整数)次の騒音・振動成分を低減すべく、n次、 $n \pm 1$ 次の高調波電流を重畳する手法}と、電磁力振動成分、またはトルクリブルの原因となっている電流高調波成分を最小にする手法とに大別される。

【0008】

【発明が解決しようとする課題】騒音・振動の原因になっている電磁力振動成分、またはトルクリブルの周波数成分を直接、電流高調波成分を重畳させて除去する手法を採用した場合には、注入する電流位相や回転位置のタイミングにおいて電磁力振動成分、またはトルクリブルが増大するおそれがあり、この結果、低減したい騒音・振動成分が増大することになる可能性がある。

【0009】電磁力振動成分、またはトルクリブルの原因となっている電流高調波成分を最小にする手法を採用した場合には、該当する電流高調波成分のみを最小にすることは殆ど不可能であり、他の電流高調波成分にも影響を及ぼすことになるので、騒音・振動成分を十分に低減できる保証がない。また、電流高調波成分を重畳する場合と比較して処理が複雑化してしまう。

【0010】

【発明の目的】この発明は上記の問題点を鑑みてなされたものであり、電磁力振動および騒音を確実に、かつ十分に低減することができるブラシレスDCモータ駆動方法およびその装置を提供することを目的としている。

【0011】

【課題を解決するための手段】請求項1のブラシレスDCモータ駆動方法は、電源装置から駆動電流を供給することによりブラシレスDCモータを駆動するに当たって、低減対象となる騒音成分の次数に直接関係しない高調波成分電流を注入する方法である。

【0012】請求項2のブラシレスDCモータ駆動方法は、電源装置から駆動電流を供給することによりブラシ

レスDCモータを駆動するに当たって、所定次数の高調波成分を含む駆動電流に対して異なる次数の高調波電流を注入する方法である。

【0013】請求項3のブラシレスDCモータ駆動方法は、前記注入する高調波電流の次数を少なくとも1つの次数に設定する方法である。

【0014】請求項4のブラシレスDCモータ駆動方法は、電源装置から駆動電流を供給することによりブラシレスDCモータを駆動するに当たって、駆動電流に対して基本波の7次の高調波電流を注入する方法である。

【0015】請求項5のブラシレスDCモータ駆動方法は、注入される7次の高調波電流の量を基本波の0.05～0.20倍に設定する方法である。

【0016】請求項6のブラシレスDCモータ駆動方法は、モータ中性点信号からブラシレスDCモータの回転子の回転位置を検出し、検出された回転位置に基づいて電源装置からブラシレスDCモータに駆動電流を供給する方法である。

【0017】請求項7のブラシレスDCモータ駆動方法は、ブラシレスDCモータの固定子印加電圧、モータ電流、およびブラシレスDCモータの機器定数からブラシレスDCモータの回転子の回転位置を検出し、検出された回転位置に基づいて電源装置からブラシレスDCモータに駆動電流を供給する方法である。

【0018】請求項8のブラシレスDCモータ駆動装置は、電源装置から駆動電流を供給することによりブラシレスDCモータを駆動するものであって、低減対象となる騒音成分の次数に直接関係しない高調波成分電流を注入する高調波成分電流注入手段を含むものである。

【0019】請求項9のブラシレスDCモータ駆動装置は、電源装置から駆動電流を供給することによりブラシレスDCモータを駆動するものであって、所定次数の高調波成分を含む駆動電流に対して異なる次数の高調波電流を注入する高調波電流注入手段を含むものである。

【0020】請求項10のブラシレスDCモータ駆動装置は、前記注入する高調波電流の次数を少なくとも1つの次数に設定するものである。

【0021】請求項11のブラシレスDCモータ駆動装置は、電源装置から駆動電流を供給することによりブラシレスDCモータを駆動するものであって、駆動電流に対して基本波の7次の高調波電流を注入する7次高調波電流注入手段を含むものである。

【0022】請求項12のブラシレスDCモータ駆動装置は、前記7次高調波電流注入手段として、注入される7次の高調波電流の量を基本波の0.05～0.20倍に設定するものを採用するものである。

【0023】請求項13のブラシレスDCモータ駆動装置は、前記ブラシレスDCモータとして、内部に永久磁石を埋め込んでなる回転子を有するものを採用するものである。

【0024】請求項14のブラシレスDCモータ駆動装置は、前記ブラシレスDCモータとして、歯部に直接巻線を巻き回してなる集中巻型の固定子を有するものを採用するものである。

【0025】請求項15のブラシレスDCモータ駆動装置は、前記ブラシレスDCモータとして、 $3 \times N$ (N は偶数) スロットの固定子および $2 \times N$ 極の回転子を有するものを採用し、高調波成分電流注入手段、高調波電流注入手段に代えて、 $N \times K$ (K は1以上の整数) 次の高調波騒音を低減すべく $N \times K \pm 1$ 次以外の次数の高調波電流を含む電流を注入する電流注入手段を採用するものである。

【0026】請求項16のブラシレスDCモータ駆動装置は、前記ブラシレスDCモータとして、6スロットの固定子および4極の回転子を有するものを採用し、前記電流注入手段として、 $2K$ (K は1以上の整数) 次の高調波騒音を低減すべく $2K \pm 1$ 次以外の次数の高調波電流を含む電流を注入するものを採用するものである。

【0027】請求項17のブラシレスDCモータ駆動装置は、モータ中性点信号からブラシレスDCモータの回転子の回転位置を検出し、検出された回転位置に基づいて電源装置からブラシレスDCモータに駆動電流を供給すべく電源装置を制御する電源制御手段をさらに含むものである。

【0028】請求項18のブラシレスDCモータ駆動装置は、ブラシレスDCモータの固定子印加電圧、モータ電流、およびブラシレスDCモータの機器定数からブラシレスDCモータの回転子の回転位置を検出し、検出された回転位置に基づいて電源装置からブラシレスDCモータに駆動電流を供給すべく電源装置を制御する電源制御手段をさらに含むものである。

【0029】請求項19のブラシレスDCモータ駆動装置は、前記ブラシレスDCモータとして、冷凍装置用圧縮機もしくは空気調和機用圧縮機を駆動するものを採用するものである。

【0030】

【作用】請求項1のブラシレスDCモータ駆動方法であれば、電源装置から駆動電流を供給することによりブラシレスDCモータを駆動するに当たって、低減対象となる騒音成分の次数に直接関係しない高調波成分電流を注入するのであるから、電磁力振動および騒音を確実に、かつ十分に低減することができる。

【0031】請求項2のブラシレスDCモータ駆動方法であれば、電源装置から駆動電流を供給することによりブラシレスDCモータを駆動するに当たって、所定次数の高調波成分を含む駆動電流に対して異なる次数の高調波電流を注入するのであるから、電磁力振動および騒音の低減効果を高めることができる。

【0032】請求項3のブラシレスDCモータ駆動方法であれば、前記注入する高調波電流の次数を少なくとも

10

20

30

40

50

1つの次数に設定するのであるから、請求項2と同様の作用を達成することができる。

【0033】請求項4のブラシレスDCモータ駆動方法であれば、電源装置から駆動電流を供給することによりブラシレスDCモータを駆動するに当たって、駆動電流に対して基本波の7次の高調波電流を注入するのであるから、14次の騒音成分を大幅に低減することができる。

【0034】請求項5のブラシレスDCモータ駆動方法であれば、注入される7次の高調波電流の量を基本波の0.05~0.20倍に設定するのであるから、請求項4と同様の作用を達成することができる。

【0035】請求項6のブラシレスDCモータ駆動方法であれば、モータ中性点信号からブラシレスDCモータの回転子の回転位置を検出し、検出された回転位置に基づいて電源装置からブラシレスDCモータに駆動電流を供給するのであるから、位置検出用センサを装着することが困難な用途に適用することができるほか、請求項1から請求項5の何れかと同様の作用を達成することができる。

【0036】請求項7のブラシレスDCモータ駆動方法であれば、ブラシレスDCモータの固定子印加電圧、モータ電流、およびブラシレスDCモータの機器定数からブラシレスDCモータの回転子の回転位置を検出し、検出された回転位置に基づいて電源装置からブラシレスDCモータに駆動電流を供給するのであるから、位置検出用センサを装着することが困難な用途に適用することができるほか、請求項1から請求項5の何れかと同様の作用を達成することができる。

【0037】請求項8のブラシレスDCモータ駆動装置であれば、電源装置から駆動電流を供給することによりブラシレスDCモータを駆動するに当たって、高調波成分電流注入手段によって、低減対象となる騒音成分の次数に直接関係しない高調波成分電流を注入するのであるから、電磁力振動および騒音を確実に、かつ十分に低減することができる。

【0038】請求項9のブラシレスDCモータ駆動装置であれば、電源装置から駆動電流を供給することによりブラシレスDCモータを駆動するに当たって、高調波電流注入手段によって、所定次数の高調波成分を含む駆動電流に対して異なる次数の高調波電流を注入するのであるから、電磁力振動および騒音の低減効果を高めることができる。

【0039】請求項10のブラシレスDCモータ駆動装置であれば、前記注入する高調波電流の次数を少なくとも1つの次数に設定するのであるから、請求項9と同様の作用を達成することができる。

【0040】請求項11のブラシレスDCモータ駆動装置であれば、電源装置から駆動電流を供給することによりブラシレスDCモータを駆動するに当たって、7次高

調波電流注入手段によって、駆動電流に対して基本波の7次の高調波電流を注入するのであるから、14次の騒音成分を大幅に低減することができる。

【0041】請求項12のブラシレスDCモータ駆動装置であれば、前記7次高調波電流注入手段として、注入される7次の高調波電流の量を基本波の0.05~0.20倍に設定するものを採用するのであるから、請求項11と同様の作用を達成することができる。

【0042】請求項13のブラシレスDCモータ駆動装置であれば、前記ブラシレスDCモータとして、内部に永久磁石を埋め込んでなる回転子を有するものを採用するのであるから、低振動・低騒音化および高トルク化を達成することができるほか、請求項8から請求項12の何れかと同様の作用を達成することができる。

【0043】請求項14のブラシレスDCモータ駆動装置であれば、前記ブラシレスDCモータとして、歯部に直接巻線を巻き回してなる集中巻型の固定子を有するものを採用するのであるから、低振動・低騒音化および高トルク化を達成することができるほか、請求項8から請求項10の何れかと同様の作用を達成することができる。

【0044】請求項15のブラシレスDCモータ駆動装置であれば、前記ブラシレスDCモータとして、 $3 \times N$ (N は偶数) スロットの固定子および $2 \times N$ 極の回転子を有するものを採用し、高調波成分電流注入手段、高調波電流注入手段に代えて、 $N \times K$ (K は1以上の整数) 次の高調波騒音を低減すべく $N \times K \pm 1$ 次以外の次数の高調波電流を含む電流を注入する電流注入手段を採用するのであるから、 $3 \times N$ スロットの固定子および $2 \times N$ 極の回転子を有するブラシレスDCモータに適用することにより、請求項14と同様の作用を達成することができる。

【0045】請求項16のブラシレスDCモータ駆動装置であれば、前記ブラシレスDCモータとして、6スロットの固定子および4極の回転子を有するものを採用し、前記電流注入手段として、 $2K$ (K は1以上の整数) 次の高調波騒音を低減すべく $2K \pm 1$ 次以外の次数の高調波電流を含む電流を注入するものを採用するのであるから、6スロットの固定子および4極の回転子を有するブラシレスDCモータに適用することにより、請求項15と同様の作用を達成することができる。

【0046】請求項17のブラシレスDCモータ駆動装置であれば、モータ中性点信号からブラシレスDCモータの回転子の回転位置を検出し、検出された回転位置に基づいて電源装置からブラシレスDCモータに駆動電流を供給すべく電源装置を制御する電源制御手段をさらに含むのであるから、位置検出用センサを装着することが困難な用途に適用することができるほか、請求項8から請求項16の何れかと同様の作用を達成することができる。

【0047】請求項18のブラシレスDCモータ駆動装置であれば、ブラシレスDCモータの固定子印加電圧、モータ電流、およびブラシレスDCモータの機器定数からブラシレスDCモータの回転子の回転位置を検出し、検出された回転位置に基づいて電源装置からブラシレスDCモータに駆動電流を供給すべく電源装置を制御する電源制御手段をさらに含むのであるから、位置検出用センサを装着することが困難な用途に適用することができるほか、請求項8から請求項16の何れかと同様の作用を達成することができる。

【0048】請求項19のブラシレスDCモータ駆動装置であれば、前記ブラシレスDCモータとして、冷凍装置用圧縮機もしくは空気調和機用圧縮機を駆動するものを採用するのであるから、ブラシレスDCモータの電磁力に起因して圧縮機から発生する騒音を大幅に低減することができるほか、請求項1から請求項18の何れかと同様の作用を達成することができる。

【0049】

【発明の実施の形態】以下、添付図面を参照して、この発明のブラシレスDCモータ駆動方法およびその装置の実施の態様を詳細に説明する。

【0050】図1はこの発明のブラシレスDCモータ駆動装置の一実施態様を示す概略図である。

【0051】このブラシレスDCモータ駆動装置は、直流電源1aと三相インバータ回路1bとを含む電源装置1と、三相インバータ回路1bから駆動電流が供給されるブラシレスDCモータ2と、2相分の駆動電流を入力としてブラシレスDCモータ2の回転子の回転位置を検出するセンサレス位置検出回路3と、センサレス位置検出回路3から出力される位置検出信号を入力としてPWM制御演算を行い、三相インバータ回路1bをPWM動作させるべくPWM制御信号を出力するPWM発生回路4と、センサレス位置検出回路3から出力される位置検出信号を入力として高調波成分電流を注入する高調波注入回路5とを有している。

【0052】なお、前記センサレス位置検出回路3に代えて、ロータリーエンコーダなどのセンサを用いて回転位置を検出するもの、ブラシレスDCモータ2の誘起電圧を検出し、検出電圧から回転位置を検出するもの、ブラシレスDCモータ2の駆動電流、電圧を用いた演算を行って回転位置を検出するものなどを採用することが可能である。

【0053】前記三相インバータ回路1bは、直流電圧をスイッチング素子でスイッチングしてブラシレスDCモータ2に印加し、位置検出信号により回転子の回転位置を検出してブラシレスDCモータ2の通電を切り替える一方、スイッチング素子をPWM制御してブラシレスDCモータ2を駆動するものである。

【0054】前記PWM発生回路4は、位置検出信号を入力として、位置検出信号を基準として三相インバータ

回路1bをPWM動作させるべくPWM制御信号を出力し、三相インバータ回路1bのスイッチング素子に供給するものである。

【0055】前記高調波注入回路5は、低減したい次数の高調波騒音成分に対して、必ずしも該当する次数の高調波成分、および該当する次数±1次の高調波成分を含まない単一、もしくは複数の次数の高調波成分のモータ電流を注入するものである。ここで、1次の成分とは、ブラシレスDCモータを駆動する基本波周波数成分である。したがって、前記高調波注入回路5においては、低減したい高調波振動成分の次数が設定されたことに応答して、上記の次数の高調波成分のモータ電流を注入することができる。

【0056】上記の構成のブラシレスDCモータ駆動装置の作用は次のとおりである。

【0057】ブラシレスDCモータ2の回転子の回転位置をセンサレス位置検出回路3により検出し、センサレス位置検出回路3からの位置検出信号を入力とするPWM発生回路4によりPWM制御信号を発生して三相インバータ回路1bに供給し、ブラシレスDCモータ2に供給する駆動電流を制御するに当たって、高調波注入回路5から、低減しようとする高調波騒音成分と直接には関係しない次数の高調波電流成分を注入するための信号をPWM発生回路4に供給することができ、注入した高調波電流成分によってブラシレスDCモータ2の騒音・振動を確実に、かつ十分に低減することができる。

【0058】さらに説明する。

【0059】ブラシレスDCモータの電磁力と騒音との関係に関しては、ブラシレスDCモータ2の電磁力の周波数成分は極数に依存せず、駆動電流（または駆動電圧）の周波数に依存して、 $2 \times n$ 倍の高調波成分が発生し（図2参照、なお、 f は駆動周波数の基本周波数である）、これにモータ形状に依存した高調波成分が重畳される。例えば、固定子のスロットが1局あたり12個ある場合は、 $12 \times K$ 次の高調波成分が重畳される。ここで、 n 、 K は正の整数である。

【0060】そして、これらの高調波成分が振動・騒音となり、ブラシレスDCモータから放射される。

【0061】そして、例えば、正弦波PWM波形を用いて、基本波1次の成分に対して、5次高調波成分の電流を注入することにより、図3中（a）に示すように、10次の高調波騒音成分を低減することができる。ここで、5次の高調波電流成分を増加させていくと10次の高調波騒音成分を2.5dB A低下させることができる。

【0062】なお、従来は10次の高調波騒音成分を低減するためには、10次±1次の高調波電流成分を注入すればよいと思われていた。しかし、11次の高調波電流成分のみを注入した場合には、図3中（b）に示すように、10次の高調波騒音成分が増加することが分かっ

た。これは、11次±1次のモータ電磁力が直接に騒音に寄与し、この結果、10次の高調波騒音成分が増加するからであると思われる。

【0063】また、正弦波PWM波形を用いて、基本波1次の成分に対して、5次、7次高調波成分の電流を注入することにより、図4中(a)に示すように、8次の高調波騒音成分を低減することができる。ここで、5次、7次の高調波電流成分を増加させていくと8次の高調波騒音成分を5dB A低下させることができる。

【0064】なお、5次、または7次の高調波電流成分のみを注入した場合には、図4中(b)(c)に示すように、8次の高調波騒音成分は低下しないか、もしくは増加することが分かる。これは、5次の高調波電流成分が直接8次の高調波騒音成分に寄与せず、この結果、8次の高調波騒音成分は低下しないからであるとともに、7次±1次のモータ電磁力が直接に騒音に寄与し、この結果、8次の高調波騒音成分が増加するからであると思われる。

【0065】換言すれば、低減したい次数の高調波騒音成分に対して、モータ電磁力が直接に騒音に寄与する次数の高調波電流成分を注入することは騒音を増加させることになりやすい。

【0066】なお、図3、図4における横軸は高調波電流比率(=各高調波電流成分/基本波電流成分)であり、縦軸はそれぞれ10f音(10次の高調波騒音成分)、8f音(8次の高調波騒音成分)である。

【0067】さらに、高調波注入回路5によって7次の高調波電流成分を注入すれば、14次の高調波騒音成分を大幅に(最大で15dB A)低減することができる。ここで、14次の高調波騒音成分は、図5に示すように、7次の高調波電流比率に応じて変化するので、7次の高調波電流比率を0.05~0.20に設定すればよく、0.10~0.15に設定することがより好ましい。

【0068】このように14次の高調波騒音成分を低減するのは、圧縮機運転時の騒音スペクトルを計測した結果、14次の高調波騒音成分が特に大きいことから、14次の高調波騒音成分を低減することによって、圧縮機全体としての騒音を低減できるからである。

【0069】前記ブラシレスDCモータ2は、回転子の表面に永久磁石を装着してなるもの(図7参照)と、回転子の内部に永久磁石を埋め込んでなるもの(図8参照)とに大別される。これらのうち、後者の構成のブラシレスDCモータを採用した場合には、電磁力が回転子表面の一部に集中し易くなるため、ブラシレスDCモータの振動・騒音が大きくなる。そのため、単一、もしくは複数の次数の高調波成分のモータ電流を注入することにより、高調波加振力成分を低減する効果がさらに大きくなる。

【0070】また、後者の構成のブラシレスDCモータ

を採用した場合には、永久磁石による磁石トルクのみならず、回転子表面の鉄芯に流れる磁束を利用したリラクタンストルクも併用できる。

【0071】したがって、低振動・低騒音、かつ高トルクでブラシレスDCモータ2を駆動することができる。換言すれば、低振動・低騒音で高負荷を駆動することができる。

【0072】また、前記ブラシレスDCモータ2は、固定子の歯部に巻線を分布巻してなるもの(図9参照)と、集中巻してなるもの(図10参照)とに大別される。これらのうち、後者の構成のブラシレスDCモータを採用した場合には、直接歯部に巻線を巻きまわすので、分布巻を施す固定子に比べ、巻線抵抗が小さくなり、銅損が低減し高効率になる。しかし、1つの固定子歯部に巻線が集中するため電磁力も集中し、騒音・振動が増加することになる。そのため、単一、もしくは複数の次数の高調波成分のモータ電流を注入することにより、高調波加振力成分を低減する効果がさらに大きくなる。

【0073】したがって、後者の構成のブラシレスDCモータを採用した場合には、高効率、かつ低騒音でブラシレスDCモータを駆動することができる。

【0074】なお、上記の集中巻のブラシレスDCモータにおいて、固定子のスロット数を $3 \times N$ (N は偶数)、回転子の極数を $2 \times N$ に設定することが可能であり、この場合には、 $N \times K$ (K は1以上の整数)次の高調波騒音を低減すべく、 $N \times K \pm 1$ 次以外の高調波電流成分が含まれる電流を注入することによって、高効率、かつ低騒音でブラシレスDCモータを駆動することができる。

【0075】具体的には、固定子のスロット数を6、回転子の極数を4に設定し、 $2 \times K$ 次の高調波騒音を低減すべく、 $2 \times K \pm 1$ 次以外の高調波電流成分が含まれる電流を注入することによって、高効率、かつ低騒音でブラシレスDCモータを駆動することができる。

【0076】図11はセンサレス位置検出回路3の構成の一例を示す電気回路図である。

【0077】このセンサレス位置検出回路3は、Y結線された固定子巻線2aと並列にY結線された抵抗2bを接続し、固定子巻線2aの中性点電圧 V_n と抵抗2bの中性点電圧 $V_{n'}$ とを入力とする差分増幅器3aと、差分増幅器3aからの出力信号を入力とする積分器3bと、積分器3bからの出力信号を入力とするゼロクロスコンパレータ3cとを有している(特開平7-337079号公報参照)。なお、ゼロクロスコンパレータ3cからの出力信号が位置検出信号である。

【0078】図11において、マイコン6は、PWM発生回路4、および高調波注入回路5の作用を達成するほか、従来公知の他の作用を達成することができるものである。また、ベース駆動回路7は、マイコン6から出力

されるスイッチング信号を入力として、実際にスイッチング素子をスイッチングできる信号を出力するものである。

【0079】上記の構成のセンサレス位置検出回路3を採用した場合には、モータ中性点の電位変動に基づいて位置検出を行うので、ブラシレスDCモータに印加する通電期間には影響を受けず、原理的には180°区間全ての位置検出が可能となり、ひいては180°全ての位相を制御することができる。

【0080】また、ブラシレスDCモータを高温高圧環境などで使用する場合に、センサが不要であるから、安価に、かつ高信頼性のモータ位置検出を行って何ら不都合なくブラシレスDCモータを駆動することができる。

【0081】さらに、ブラシレスDCモータに供給する電流の通電期間を制限しなくてもよくなるため、正弦波通電が可能となり、ブラシレスDCモータの高効率化に寄与することができる。

【0082】さらにまた、電流位相を自由に進める制御が可能となるので、磁石トルクとリラクタンストルクとの併用が可能となり、さらに高効率なモータ駆動が可能となり、かつ弱め磁束制御も行えるので、ブラシレスDCモータの運転範囲の拡大を達成することができる。

【0083】図12はセンサレス位置検出回路3の構成の他の例を示すブロック図である。なお、図12には、三相インバータ回路2を制御するための部分も示している。

【0084】このセンサレス位置検出回路3は、モータ電流を検出する電流検出部31と、モータ電圧を検出する電圧検出部32と、モータ電流およびモータ電圧を入力とし、内部に有するモータの数式モデルを用いて回転子の回転位置および回転子の回転速度を出力する位置・速度検出部33と、外部から与えられる速度指令および出力された回転速度を入力として速度制御演算を行い、電流指令を出力する速度制御部34と、外部から与えられる位相指令および電流指令を入力として位相制御演算を行う位相制御部35と、位相制御部35からの出力信号、モータ電流、回転子の回転位置を入力として電流制御演算を行い、電圧指令を出力して三相インバータ回路1bに供給する電流制御部36とを有している。

【0085】なお、図12においては、交流電源1a、整流回路1a2および平滑コンデンサ1a3により直流電源1aを構成している。

【0086】上記の構成のセンサレス位置検出回路3を採用した場合には、モータの数式モデルを用い、推定位置と推定速度起電力とに基づいて演算された推定電流と実際に流れているモータ電流とにより回転子の回転位置および回転子の回転速度を同定することができる（「電流推定誤差に基づくセンサレスブラシレスDCモータ制御」、竹下他、T. IEE Japan, Vol. 115-D, No. 4, '95参照）。

【0087】また、突極性を持つブラシレスDCモータの場合には、巻線インダクタンスが回転子の回転位置により変化するため、位置推定が困難になるが、モータの数式モデルを突極型モータへ拡張することで位置推定が可能となる（「速度起電力推定に基づくセンサレス突極形ブラシレスDCモータ制御」、竹下他、T. IEE Japan, Vol. 117-D, No. 1, '97参照）。

【0088】このセンサレス位置検出回路は、ブラシレスDCモータに印加する通電期間には影響を受けず、原理的には180°区間全ての位置検出が可能となり、ひいては180°全ての位相を制御することができる。

【0089】また、ブラシレスDCモータを高温高圧環境などで使用する場合に、センサが不要であるから、安価に、かつ高信頼性のモータ位置検出を行って何ら不都合なくブラシレスDCモータを駆動することができる。

【0090】さらに、ブラシレスDCモータに供給する電流の通電期間を正弦しなくてもよくなるため、正弦波通電が可能となり、ブラシレスDCモータの高効率化に寄与することができる。

【0091】さらにまた、電流位相を自由に進める制御が可能となるので、磁石トルクとリラクタンストルクとの併用が可能となり、さらに高効率なモータ駆動が可能となり、かつ弱め磁束制御も行えるので、ブラシレスDCモータの運転範囲の拡大を達成することができる。

【0092】さらに、原理的にモータ運転中の瞬時の位置推定が可能であるから、正確な高調波電流を注入することができ、さらに低振動化、低騒音化を達成することができる。

【0093】上記のようにして駆動されるブラシレスDCモータによって冷凍機用の圧縮機、または空調機用の圧縮機を駆動する場合を考える。

【0094】冷凍機用の圧縮機、または空調機用の圧縮機は各種の部材からなっており、それらの部材の固有振動数がブラシレスDCモータの電磁力の高調波成分と共振を起こすことで大きな騒音（突出音）を発生する。しかし、上記の実施態様を用いてブラシレスDCモータを駆動することによって、ブラシレスDCモータの電磁力に起因して圧縮機から発生する騒音を大幅に低減することができる。

【0095】具体的には、図13に示すように14次の高調波騒音成分が発生している圧縮機を駆動するに当たって、7次の高調波電流成分を注入してブラシレスDCモータを駆動することによって、図14に示すように14次の高調波騒音成分を大幅に低減することができる。

【0096】

【発明の効果】請求項1の発明は、電磁力振動および騒音を確実に、かつ十分に低減することができるという特有の効果奏する。

【0097】請求項2の発明は、電磁力振動および騒音

の低減効果を高めることができるという特有の効果を奏する。

【0098】請求項3の発明は、請求項2と同様の効果を奏する。

【0099】請求項4の発明は、14次の騒音成分を大幅に低減することができるという特有の効果を奏する。

【0100】請求項5の発明は、請求項4と同様の効果を奏する。

【0101】請求項6の発明は、位置検出用センサを装着することが困難な用途に適用することができるほか、請求項1から請求項5の何れかと同様の効果を奏する。

【0102】請求項7の発明は、位置検出用センサを装着することが困難な用途に適用することができるほか、請求項1から請求項5の何れかと同様の効果を奏する。

【0103】請求項8の発明は、電磁力振動および騒音を確実に、かつ十分に低減することができるという特有の効果を奏する。

【0104】請求項9の発明は、電磁力振動および騒音の低減効果を高めることができるという特有の効果を奏する。

【0105】請求項10の発明は、請求項9と同様の効果を奏する。

【0106】請求項11の発明は、14次の騒音成分を大幅に低減することができるという特有の効果を奏する。

【0107】請求項12の発明は、請求項11と同様の効果を奏する。

【0108】請求項13の発明は、低振動・低騒音化および高トルク化を達成することができるほか、請求項8から請求項12の何れかと同様の効果を奏する。

【0109】請求項14の発明は、低振動・低騒音化および高トルク化を達成することができるほか、請求項8から請求項10の何れかと同様の効果を奏する。

【0110】請求項15の発明は、 $3 \times N$ スロットの固定子および $2 \times N$ 極の回転子を有するブラシレスDCモータに適用することにより、請求項14と同様の効果を奏する。

【0111】請求項16の発明は、6スロットの固定子および4極の回転子を有するブラシレスDCモータに適用することにより、請求項15と同様の効果を奏する。

【0112】請求項17の発明は、位置検出用センサを装着することが困難な用途に適用することができるほか、請求項8から請求項16の何れかと同様の効果を奏する。

【0113】請求項18の発明は、位置検出用センサを

装着することが困難な用途に適用することができるほか、請求項8から請求項16の何れかと同様の効果を奏する。

【0114】請求項19の発明は、ブラシレスDCモータの電磁力に起因して圧縮機から発生する騒音を大幅に低減することができるほか、請求項1から請求項18の何れかと同様の効果を奏する。

【図面の簡単な説明】

【図1】この発明のブラシレスDCモータ駆動装置の一実施態様を示す概略図である。

【図2】ブラシレスDCモータに発生する電磁力の高調波成分を説明する図である。

【図3】5次、11次高調波電流の高調波電流比率に対する10次高調波振動成分の変化を示す図である。

【図4】5次、7次高調波電流、5次および7次高調波電流の高調波電流比率に対する8次高調波振動成分の変化を示す図である。

【図5】7次高調波電流の高調波電流比率に対する14次高調波振動成分の変化を示す図である。

20 【図6】圧縮機運転時の騒音スペクトルの一例を示す図である。

【図7】表面磁石構造のブラシレスDCモータの構成および電磁力ベクトルを示す図である。

【図8】埋め込み磁石構造のブラシレスDCモータの構成および電磁力ベクトルを示す図である。

【図9】分布巻ブラシレスDCモータの電磁力ベクトル分布を示す図である。

【図10】集中巻ブラシレスDCモータの電磁力ベクトル分布を示す図である。

30 【図11】モータ中性点信号を用いるセンサレス位置検出回路を示す電気回路図である。

【図12】モータの数式モデルを用いるセンサレス位置検出回路を示すブロック図である。

【図13】7次高調波電流を注入しない場合における圧縮機の騒音スペクトルを示す図である。

【図14】7次高調波電流を注入した場合における圧縮機の騒音スペクトルを示す図である。

【符号の説明】

1b 三相インバータ回路 2 ブラシレスDCモータ

3a 差分増幅器 3b 積分器

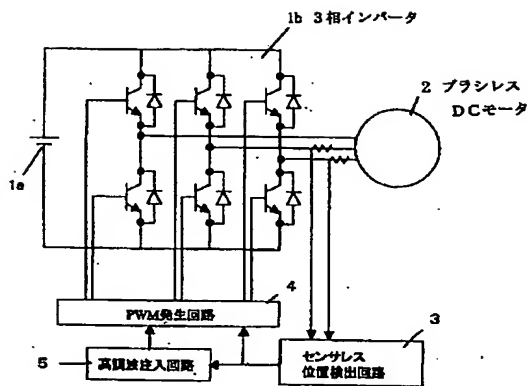
3c ゼロクロスコンバータ 6 マイコン

5 高調波注入回路 33 位置・速度検出部

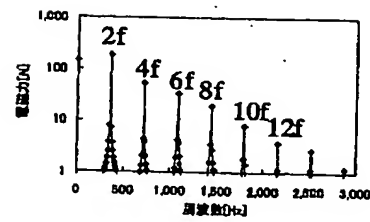
34 速度制御部 35 位置制御部

36 電源制御部

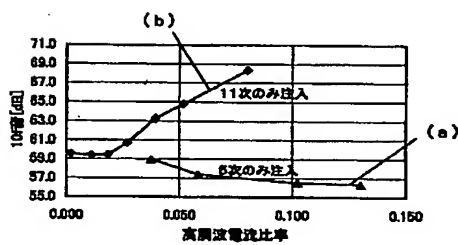
【図1】



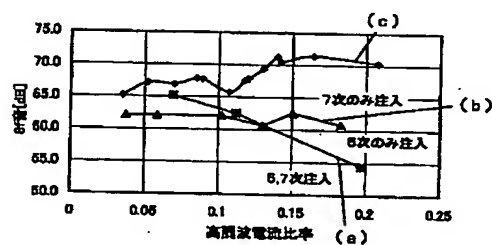
【図2】



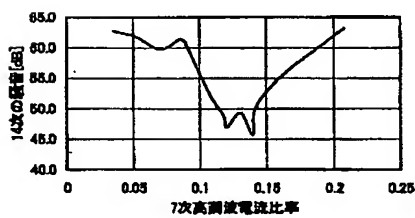
【図3】



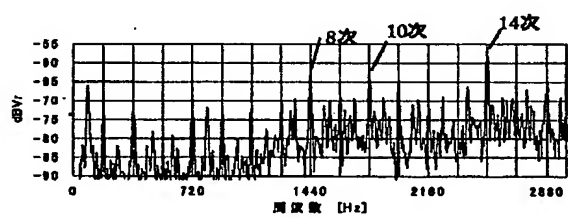
【図4】



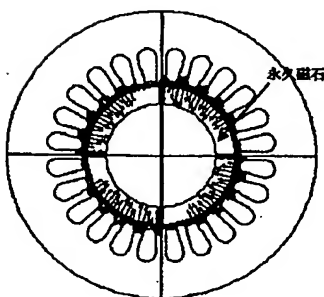
【図5】



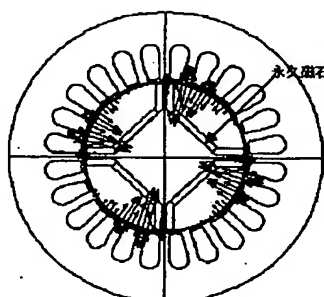
【図6】



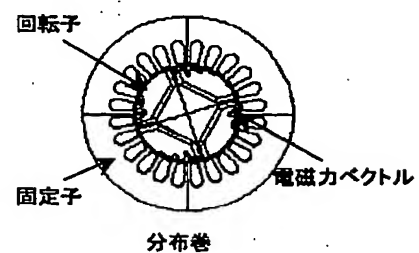
【図7】



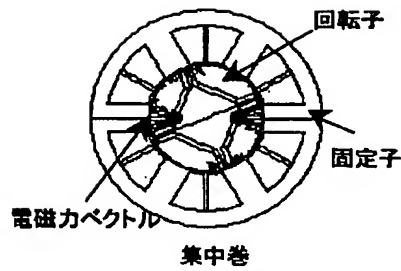
【図8】



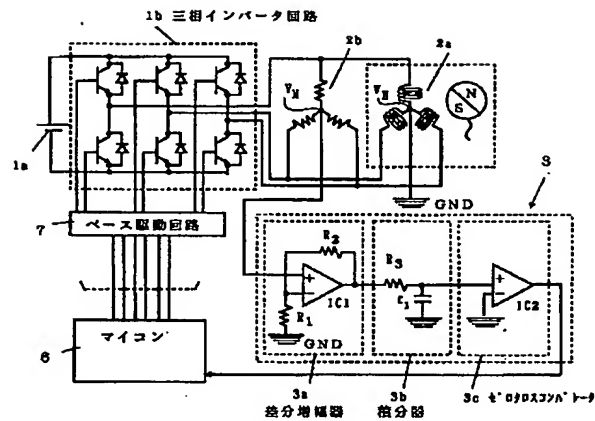
【図9】



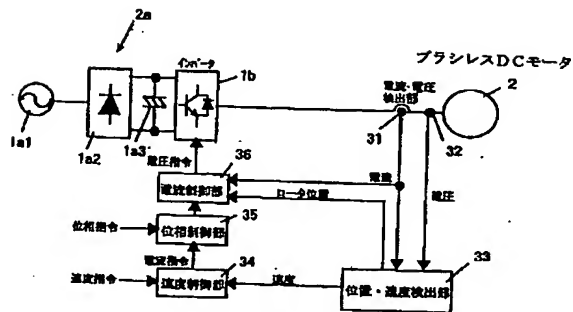
【図10】



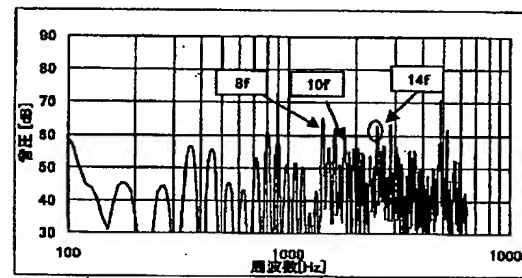
【図11】



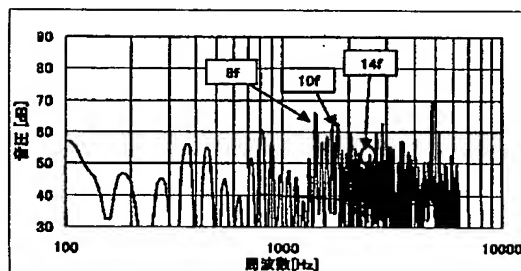
【図12】



【図13】



【図14】



フロントページの続き

(72)発明者 大山 和伸
滋賀県草津市岡本町字大谷1000番地の2
株式会社ダイキン空調技術研究所内

(12)

特開2003-174794

Fターム(参考) SH560 BB04 BB12 BB17 DA13 DA14
DA17 DA18 DB20 DC02 DC12
EB01 GG04 JJ12 RR01 SS01
TT05 TT15 UA02 XA12 XB09
SH622 AA03 CA02 CA07 CA13 CB05
CB06 PP11 QB02

